

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-229084

(43)Date of publication of application : 14.08.2002

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

H01S 3/30

H04B 10/17

H04B 10/16

H04J 14/00

H04J 14/02

(21)Application number : 2001-030053

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 06.02.2001

(72)Inventor : NAITO TAKAO
TANAKA TOSHIKI

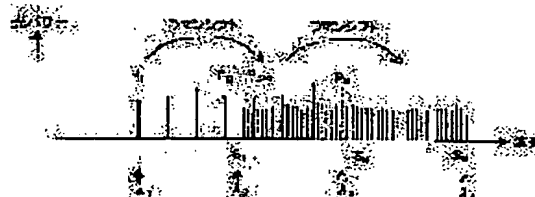
(54) RAMAN AMPLIFIER AND OPTICAL TRANSMISSION SYSTEM USING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a Raman amplifier which can provide a wider gain wavelength bandwidth.

SOLUTION: Excitation lights P1 to PM are arranged appropriately in wavelength bands λ_1 to λ_3 . The width of the wavelength bands λ_1 to λ_3 is larger than the Raman shift quantity. Gains are obtained in the wavelength bandwidths λ_2 to λ_3 , with the excitation lights P1 to PQ being arranged in the wavelength bands λ_1 to λ_2 . Gains are obtained in wavebands λ_3 to λ_4 with excitation lights PQ+1 to PM being arranged in the wavelength bands λ_2 to λ_3 . Consequently, gains are obtained in the wavelength bands λ_2 to λ_4 . The signal lights S1 to SN are arranged in the wavelength bands λ_2 to λ_4 . Deviations in the gains are adjusted, by controlling the powers of the exciting lights P1 to PM.

本実施形態のラマン増幅器の動作を説明する図



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

Searching Fee
[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

$S_1 \sim S_n$ が増幅される。図 10 に示した方法の変形例で [0056] 図 11 は、屈折光 $P_{P1} \sim P_m$ が各ラテラルモードの方向において、屈折光 P_{Q1} と共に、偏角 θ の角度で供給されると共に、偏角 θ の角度で供給される波長帯域内の屈折光（屈折光 $P_{Q1} \sim P_m$ ）を供給する。なお、この構成の動作は、図 10 を参照しながら説明し動作と基本的に同じなので、省略する。

(0.058)なお、図9～図11に示すシステムにおいて、各励起光の光スペクトル幅は、基本的に、狭い方が望ましい、少なくとも、倍音光が配置される帯域内に配置される励起光（例えば、励起光P_{Q1}～P_m）のスペクトル幅は、倍音光のそれと同じ程度であることが望ましい。各励起光の光スペクトル幅は、例えば、光ファイバのモード幅によって調整される。

【0057】ところで、波長多重化システムにおいては、一般に、波長多重光に含まれる各層光のレベルが等化されていることが望ましい。そして、波長多重光に含まれる各層光のレベルを等化するためには、各増幅器の利得を調整する必要がある。以下、各ラマン増幅器の利得を調整する方法を説明する。

(0058) 図12は、各ママン増幅器30において利得を調節する能力を示す。図12は、各ママン増幅器30の利得を説明する図である。ママン増幅器30は、複数の周起光波51を備える。これらの周起光波51は、互いに発振周波数の異なるレーザモードであり、それぞれ対応する周起光波52より出力される。また、周起光波52は、制御部54からの指示に従って対応する周起光波51に振幅を供給する。さらに、域内の対応する波長の利得を利用する。波長ごとに出射する波長の利得を説明する。さらに、波長ごとに利得を調節する能力を示す。

に利用する場合は、福岡10または20からの
 (1058) 制御部54は、福岡10または20からの
 問合せに従って、渡長とこれを利用する。その時、各
 検出回路53の出力が参照される。そして、制御部54
 は、その検出結果を福岡10または20に通知する。ま
 た、制御部54は、福岡10または20からの指示に従
 って駆動回路89を制御する。これにより、福岡10ま
 たは20からの指示に基づいて、特定の感起光源51の
 発生パワーが制御される。

【0060】図10または20は、各ラマン増幅器の利得を調整するための制御回路を備える。この制御回路は、この光伝送システム全体の構成上、またはその設定特性に、各ラマン増幅器の利得を調整する。具体的には、この制御回路は、まず、各ラマン増幅器に対して波長ごとの利得を問い合わせる。そして、その問合せに対する応答に基づいて、各ラマン増幅器における利得の波長特性を等化されるように指示を与える。例えば、あるラマン増幅器においてある波長の利得が相対的に低くなった場合に、そのラマン増幅器に対して、その波長よりも約10 dB、あるいは、波長の幅の1/2を増加させる旨の指示を出す。

が送出される。この場合、指示を受け取ったランプ増幅器は、その指示に従って対応する励起光のパワーを調整する。これにより、各ランプ増幅器における利得が等化される。

【0081】なお、図9に示す構成のように、屈折光の一部分（屈折光 $P_{Q1} \sim P_m$ ）が偏周10により生成される場合には、各々マン増幅器により生成される屈折光を調整するだけでなく、偏周10により生成される屈折光も調整する必要がある。この場合、偏周10が各々マン増幅器の利用を管理するのであれば、偏周10自身が増幅光 $P_{Q1} \sim P_m$ を調整してよい。また、偏周20が各々マン増幅器の利用を管理するのであれば、偏周20から偏周10への利用に基づいて、屈折光 $P_{Q1} \sim P_m$ が調整されるようにしてよい。

調整されるものにして、本実施形態のシステムでは、(0062)のように、本実施形態のシステムでは、励起光 $P_1 \sim P_m$ の各光パワーを適切に調整することにより、各ラマン増幅器における利得の波長偏差を小さくしている。

(0603) 図13は、倍角光 $S_1 \sim S_n$ の光S/N比を調整する方法を説明するための図である。倍角光 $S_1 \sim S_n$ の光S/N比は、基本的な、倍角光源1により生成される倍角光 $S_1 \sim S_n$ の光パワーを調整することによって制御される。このため、本実施形態のシステムでは、受信側の編碼(結局で0)において救急とともに光S/N比が検出され、その検出結果が送信側の編碼(結局で1)に反映されて、その後パケット番号とパケットサイズが決定される。

【0064】端周20には、信号光 $S1 \sim Sn$ を含む波長多重光を分岐するための分岐カプラ61、分岐カプラ61により分岐された波長多重光を光信号 $S1 \sim Sn$ を取り出す分岐波路62、および分岐波路62より取り出された信号光 $S1 \sim Sn$ のそれぞれについて光 S/N 比を検出する S/N 検出回路63が設けられる。また、制御回路64は、各 S/N 検出回路63の出力に基づいて信号光 $S1 \sim Sn$ の光 S/N 比の閾値を調べ、その閾値を小さくするまでの指示を作成する。具体的には、例えば、ある波長の信号光の光 S/N 比が相対的に劣悪であったとすると、その波長の信号光の S/N 比を大きくする旨の指示を作成する。そして、作成された指示は、端周10に渡される。

【0085】第10は、第20から指示を受け取る。と、それに基づいて第41のパワーを調整する。これにより、第1～第 S_n の光 S/N 比の偏差が小さくなる。

【0066】このように、本実施形態の光伝送システムでは、ラマン増幅による利得および信号光の光S/N比が周波数に調整される。すなわち、波長に依存するラマン利得の増減を小さくするために各周波数の光パワーが適切に調整され、(周波数光S/N比)の増減を小さくするために各周波数の信号光の光S/N比が適切に調整される。(信号光光S/N比)の増減を小さくするために各周波数の信号光の光S/N比が適切に調整される。(信号光光S/N比)の増減を小さくするために各周波数の信号光の光S/N比が適切に調整される。

シス)。なお、上述したように、本実施形態のラマ増幅器では、信号光の一部(例えば、図3のS1〜S_n)が、それよりも長波長の信号光に対して防起光として働く。しかし、各信号光の光パワーは、防起光のそれと比較して十分に小さいので、信号光によって生じる利得は、防起光によって生じる利得と比較して小さく、したがって、ラマ増幅器の利得は、各信号光の光パワーを制御することによって概ね所望の特性に調整される。このとき、必要に応じて信号光の光パワーが微調整されてもよい。また、S/N値出回路の代りに、各波長の光の光パワーは一定値を回し出すことも可能である。

受信側の特性を利用して光伝送 [0068] 次に、ランダム性を用いた方法を説明する。図1システムの伝送性能を上さるべき方法を説明する。図1は、混合伝送路でファイバが複数ある場合、波長多重を伝送の構成である。このシステムでは、波長多重ファイバを使用するため、混合伝送路として、混合伝送路ファイバを使用される。この混合伝送路ファイバは、第1の光ファイバおよびその第1の光ファイバと比較してモードフィールド径（実効面積）大きいコア径）の小さい第2の光ファイバから構成される。ここで、一実施例として、第1の光ファイバから構成され、第2の光ファイバは、第1の光ファイバが正分散を持つとき、周知量は、第1の光ファイバが正分散を持つとき、各混合伝送路11から受信用21へ伝送される際、各混合伝送路上では、先ず第1の光ファイバを介して伝送され、その後、第2の光ファイバを介して伝送されるようになっている。

20

【0089】図15は、図14に示すシステムにおけるラマン増幅器の構成図である。ここでは、伝送路上に設けられる複数のラマン増幅器のなかの任意の1つを示している。

【0070】ランダム増幅器30は、信号光と逆方向に伝送光が伝送されるように伝送路に逆送光を供給する。すなわち、逆送光は、後方感起方式により伝送路に供給される。逆送光は、増幅器31により生成される逆送光である。このため、逆送光31により生成される逆送光は、その第2の光は、まず、第2の光ファイバに供給され、その第2の光ファイバを通して後1の光ファイバに供給されることになる。ここで、ランダム増幅は、よく知られているように、光ファイバに供給される逆送光のパワー密度が高いために効率的に利用可能である。即ち、ランダム増幅は、光ファイバのモードフィールド径が小さいほど効率的に利用可能である。したがって、本実施形態の構成においては、第2の光ファイバにおいて効率的に利用する。

〔0071〕また、このシステムでは、光伝送路上の非線形効果も抑えられる。ここで、光伝送路上の非線形効果は、よく知られているように、光ファイバのモードフィールド径が小さいほど大きく、また、信号光の光パワーが大きいほど大きくなる。しかし、このシステムにおいては、信号光の光パワーが大きい状態のときは、モー

ドフィールド径が比較的大きい第1の光ファイバを伝播されるので、非線形効果は小さい。また、倍光率は、モードフィールド径の小さい第2の光ファイバに到達したときには十分に減衰しているので、第2の光ファイバにおいて発生する非線形効果も小さい。すなわち、全伝送路において非線形効果が抑制され、伝送波形の歪みが小さくなる。

【10072】のように、第1および第2の光ファイバから構成される通信に送路を使用する、信号光のS/N比が向上する共に、非線形効果による信号波形の歪みが抑えられる。なお、第1の光ファイバの長さ L_1 と第2の光ファイバの長さ L_2 の比率は、例えば、 $2:1$ である。また、第1および第2の光ファイバの端面面積は、例えば、それぞれ、 110マウ平方メートル 、 20マウ平方メートル の程度である。

【0073】なお、図14および図15に示す例では、混合伝送路ファイバは、モードフィールド径の異なる2種類の光ファイバから構成されているが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、混合伝送路ファイバは、3種類以上の光ファイバから構成されてもよい。例えば、図18および図17に示す例では、各混合伝送路ファイバは、それぞれ第1〜第3の光ファイバにより構成されている。この場合、第1の光ファイバのモードフィールド径が最も大きく、第3の光ファイバのモードフィールド径が最も小さくなるという。このように、混合伝送路ファイバは、複数種類の光ファイバが、図9の光伝送される方向において、そのモードフィールド径が徐々に小さくなっていくように接続されることにより構成されなければならない。

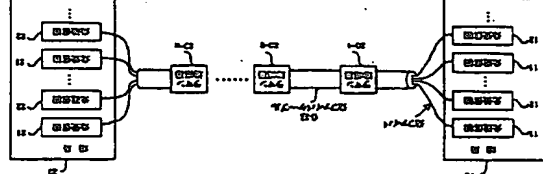
ようである。図3に示すように、波長域 λ_1 と λ_2 の光を供給する光源として、ラマン増幅では、図3・図6を参照しながら説明したように、光ファイバにラマンシフト量だけ異なる波長の二つの光を入射し、その屈折率の波長による差を利用して、波長側に変換される。このとき、この利用波長帯域に光が存在して、光ファイバには増幅される。たとえば、図4において、光ファイバに入射している光（信号光および励起光を含む）が増幅される。このとき、波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ に配置されている光（信号光および励起光を含む）が増幅される。このとき、波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ に配置されている光（信号光および励起光を含む）が増幅される。このとき、波長帯域 $\lambda_1 \sim \lambda_2$ に配置されている光（信号光および励起光を含む）が増幅される。

(0075) のように、ラマン散射は、励起光として与えられたエネルギーが、その励起光の波長よりも長波長側に配置されている光に吸収されることによって生じる。このとき、励起光の光パワーは、その分だけ低くなる。反対に、励起光の光パワーは、その分だけ他の光によって吸収されたときに、そのエネルギーの一部が他の光によって吸収されることがない。すなわち、励起光の光パワーは、そのエネルギーの一部が他の光によって吸収さ

す図である。
 【図11】図10に示す方法の変形例である。
 【図12】ラマン増幅器において利得を調整する回路を説明する図である。
 【図13】信号光の光S/N比を調整する方法を説明する図である。
 【図14】混合伝送路ファイバが設けられた光伝送システムの構成図（その1）である。
 【図15】図14に示すシステムにおけるラマン増幅器の構成図である。
 【図16】混合伝送路ファイバが設けられた光伝送システムの構成図（その2）である。
 【図17】図16に示すシステムにおけるラマン増幅器の構成図である。
 【図18】補助光の配置を説明する図（その1）である。
 【図19】補助光の配置を説明する図（その2）である。
 【図20】補助光を供給する方法を示す図（その1）である。
 【図21】補助光を供給する方法を示す図（その2）である。
 【図22】補助光を供給する方法を示す図（その3）である。
 【図23】補助光を供給する方法を示す図（その4）である。
 【図24】ラマン増幅器および希土類ドープファイバ増

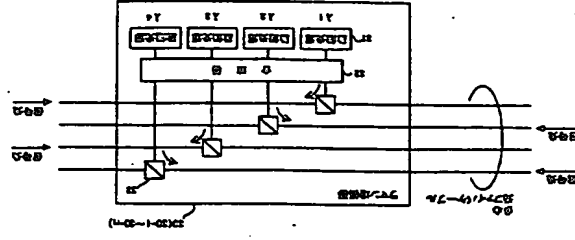
【図11】

本発明の一実施形態の光中継システムの構成図



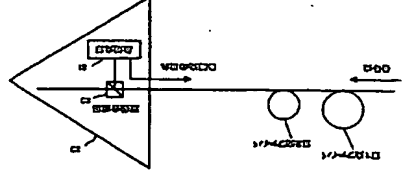
【図2】

ラマン増幅器の構成図



【図15】

図14に示すシステムにおけるラマン増幅器の構成図



* 増幅が混在する光伝送システムの構成図である。
 【図25】 増幅の配置を決定するための対称図である。
 【図26】 増幅の配置例を示す図（その1）である。
 【図27】 増幅の配置例を示す図（その2）である。
 【図28】 増幅配置を決定する方法を説明する図である。
 【図29】 一般的な光中継システムの構成図である。
 【図30】 ラマン増幅の原理を説明する図である。
 【図31】 ラマン増幅を利用した波長多重光伝送システムの構成図である。
 【図32】 既存のラマン増幅器の増幅動作を説明する図である。
 【符号の説明】
 10、20 端局
 11、22 光送信機
 12、21 光受信機
 30 ラマン増幅器
 31、42 励起光源
 32、33 合波器
 34 光サーキュレータ
 41 信号光源
 43 合波器
 71 補助光源
 81a~81n 希土類ドープファイバ増幅器

【図4】

本発明のラマン増幅器の動作を説明する図



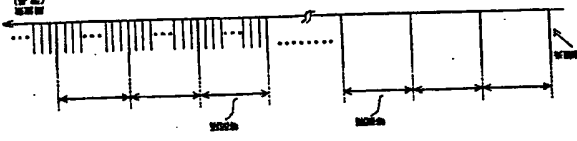
【図3】

本発明のラマン増幅器の構成を説明する図



【図8】

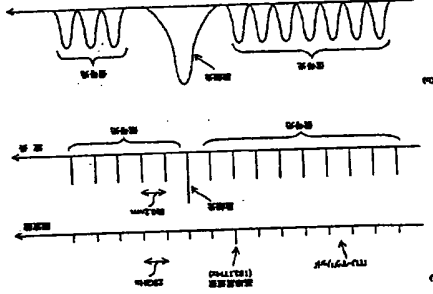
図8の位置方法を説明する図



(16)

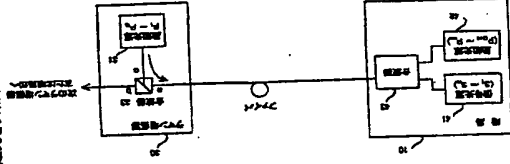
【図7】

図7の位置方法を説明する図



【図9】

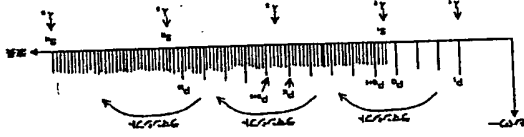
図9の位置方法を説明する図



(15)

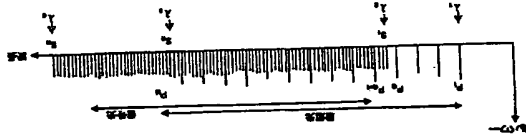
【図6】

図6の位置方法を説明する図



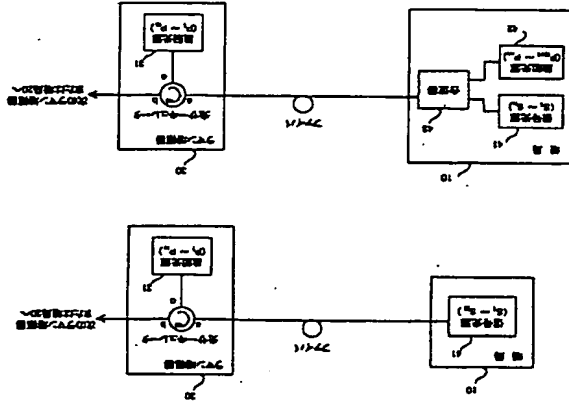
【図5】

図5の位置方法を説明する図



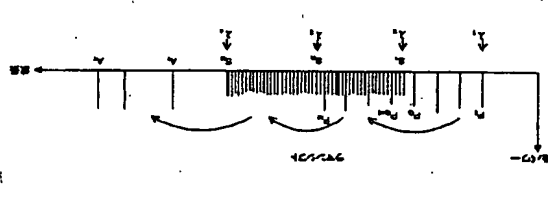
【図10】

伝送路に搬送光を供給する方法の他の例を示す図



【図11】

図10に示す方法の実例図

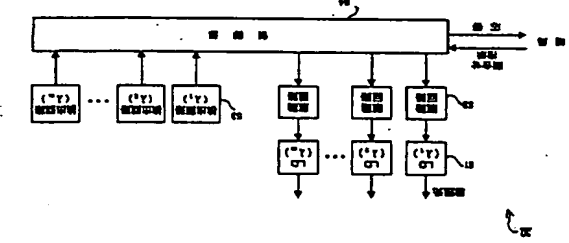


【図18】

補助光の配置を図(その1)

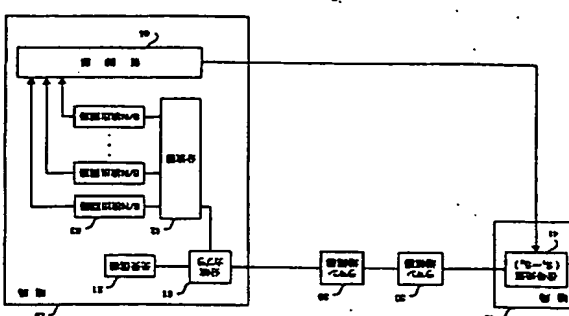
【図12】

ラマン増幅器において利得を調整する機能を説明する図



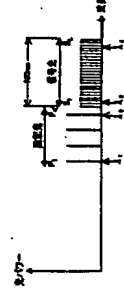
【図13】

信号光の光S/N比を調整する方法を説明する図



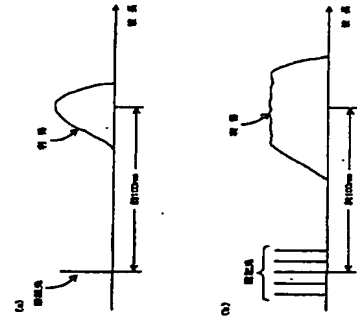
【図32】

図中のラマン増幅器の増幅動作を説明する図



【図30】

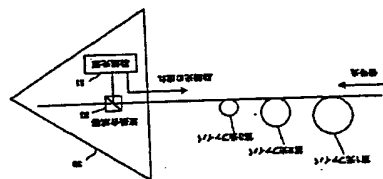
ラマン増幅の原理を説明する図



【図19】

補助光の配置を説明する図(その2)

図16に示すシステムにおけるラマン増幅器の構成図



【図25】

面図光の配置を決定するための対称表

(a)

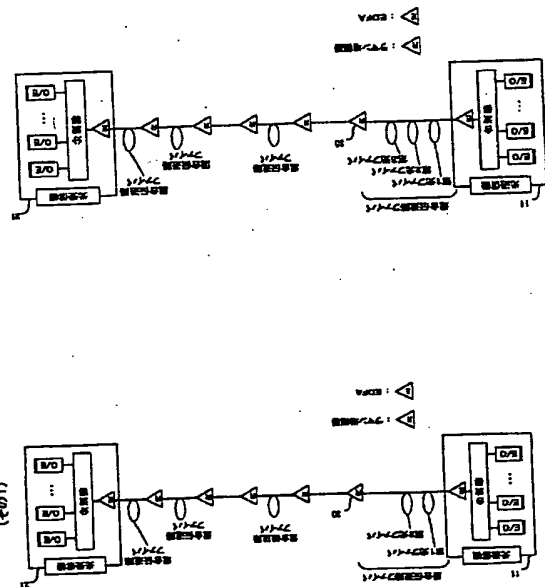
n	$\Delta n(\text{nm})$	面図光の配置 (nm)
1	12.2	102.7
2	0.9	23.3
3	4.4	24.1
4	0.5	24.4
5	2.44	21.1
6	0.5	17.8

(b)

n	$\Delta n(\text{nm})$	面図光の配置 (nm)
1	0.5	23.3
2	0.5	23.3
3	2.77	24.1
4	2.77	24.4
5	0.4	19.1
6	0.5	16.5

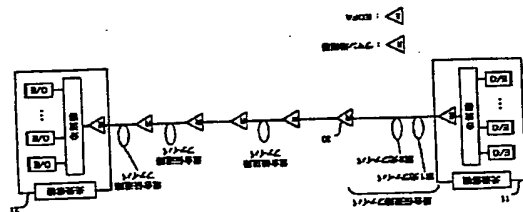
【図16】

面図光の配置を決定するための対称表



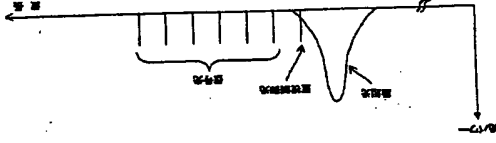
【図14】

面図光の配置を決定するための対称表



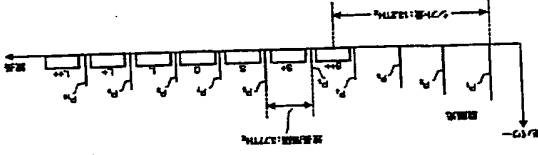
【図28】

藍緑光を配置する方法を説明する図



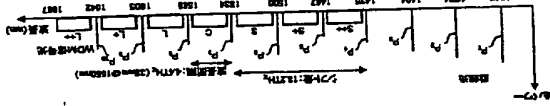
【図27】

励起光の配置例を示す図(その2)



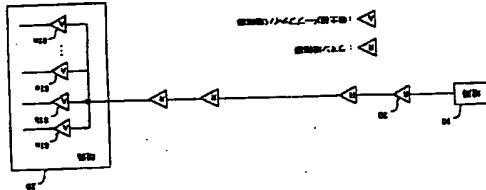
【図26】

励起光の配置例を示す図(その1)



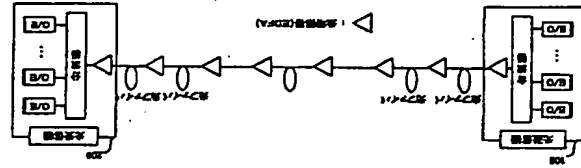
【図24】

ラマン増幅器および光ファイバの構成図



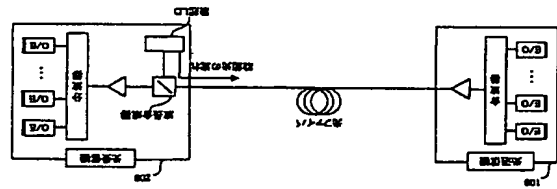
【図28】

一般的な光中継システムの構成図



【図31】

ラマン増幅を利用した
波長多重光伝送システムの構成図



フロントページの続き

(51)Int. Cl.
H04J 14/02

識別記号

F I

ターゲット (参考)

Fターム(参考) 2K002 A002 A830 BA01 CA13 DA10
EA08 HA24
5F072 AB07 AK06 KK30 MA07 PP07
QQ07 YY17
5K002 AA05 BA05 BA13 CA13 DA02
FA01

THIS PAGE BLANK (USPTO)

THIS PAGE BLANK (USPTO)